はじめに③ 浮遊微粒子の粒径と吸引

- **10μm以上**：鼻腔内で除去。
- **約5μm**：気管支粘膜の繊毛で咽喉に戻され、タンとともに体外に排出。
- **0.5~2.5μm**：肺胞に付着し、じん肺を起こしやすい。
- ナノサイズ（≦約**0.5μm**）：特に**2.5 μm**以下が問題。直接リンパ液に入ることも。

放射性核種ではガン等に

肺への沈着量：形状、比重、呼吸速度等も関係

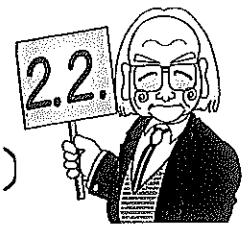
参考文献
1）名古屋俊士：『おもしろい粉のはなし』（日刊工業新聞社, 1991）.
2）京野洋子：「粒子形状と生態影響」『エアロゾル研究』11(3), 211-217(1996).

内部被曝は飲食と呼吸（吸気）で始まる

2.1. 生命の必須元素カリウム（K）には放射性カリウム（K-40）が混在

- **K**：体内には平均約**2g/kg**含有（微視的には細胞内は外側よりも**10~20**倍）。全物質中のKには自然のK-40が約0.011%混在。
- K-40：人体内には0.22mg/kg（原子数約314.5京個/kg）のK-40が全身に点在して、毎秒60 Bq/kgも放射し、**89.3%**約**54 Bq/kg**がβ崩壊でβ線、**10.7%**約 6 Bq/kgがγ崩壊でγ線を発し、半減期は約**12.8**億年。
- 1回のβ崩壊に要する原子数：約5.8京個。

2.2. 自然核種カリウム40（K-40）のβ線放射実態の検証（体重60 kg）



- 体内のK-40のβ線：3,240Bq (54Bq/kg)
- 1発の放射：飛程2 mm(2,000μm)内の200細胞に平均0.005Bqずつ放射
  (∵ 細胞1辺約10μm)

最大飛程は10 mm。当初は1 Bqだが、細胞貫通ごとに放射エネルギーは減少。単純平均

①1秒当たりβ線被曝細胞数：
3,240回のβ崩壊×200細胞
＝648,000個（6.48E5）

つまり、単純平均では毎秒65万個弱の細胞が0.005 Bqずつβ線に被曝している。

②体重60kgの体内のK-40によるβ線被曝

i. K-40によるβ線内部被曝を、細胞の寿命の長さごとに平均値で比べてみる：

- 細胞の寿命：心筋や神経は一生涯。骨細胞10年、赤血球1/3年、消化管上皮細胞1日。
- 寿命の長い心筋や神経（80年の生涯）：細胞当たり27.3回（年0.34回）。総被曝線量は細胞当たり約0.14 Bq（年0.0017 Bq）。

ii. K-40による消化管上皮細胞の日毎のβ線内部被曝量を、実際の被曝細胞でみる：

＝秒数×β崩壊数/秒×被曝回数/秒　　（1E8＝1億）

＝8.64E4×3.24E3回×2E2回＝5.599E10＝559.9億

つまり、1日間で身体の総細胞数60兆（6E13）の0.093%（5.599E10÷6E13＝9.332E-4）の約560億個の細胞が被曝。

∴3年弱（1,072日）で全細胞が1回被曝する。

iii. K-40のβ線のエネルギーによる体内細胞の被曝の実態：

- β線1発のエネルギーを0.5 MeV/μmとすると、12,500個の電離（イオン化）を起し、飛程内の200細胞の電離数は各62.5個と見積られ、毎秒β線に被曝する約65万の点在細胞が各63個ほどの電離によって傷つく。

2.2. 自然核種カリウム40（K-40）のβ線放射実態の検証（体重60 kg）　結論

- 低線量内部被曝は、単に総線量や平均値で論じず、被曝細胞自身の実態を見る。
- K-40のβ線のエネルギー（最大1.311 MeV）：通常の化学反応の約1.3万倍～1,300万倍。
- 60兆個の細胞からなる体内ではK-40のβ線に毎秒65万個弱（3,240発×200細胞）の細胞が被曝し、約3年で全細胞が被曝。
  ∴長命な心筋や脳細胞などは、寿命（80年）の間に被曝し遺伝的変異が生じた細胞が生き残り何度か反復被曝する可能性が。

- 寿命が1日の消化管上皮細胞でも、寿命内に約560億個の細胞が１回被曝する。
- しかし、K-40が１回のβ崩壊に要する細胞数は185.2億個で、かつβ線１発の飛程内の細胞数は最大約１千個なので、同一細胞の短時間での反復被曝は起こらない。

∴DNAの二本鎖切断は生じず、傷害は細胞小器官など細胞質や細胞膜の損傷が主で、問題はミトコンドリアの異常や、オートファジー機構などの異常だろう。

- ミトコンドリア：多機能エネルギー工場

独自のDNAをもつミトコンドリアなど全細胞質は、母親由来。

●ミトコンドリアの機能：

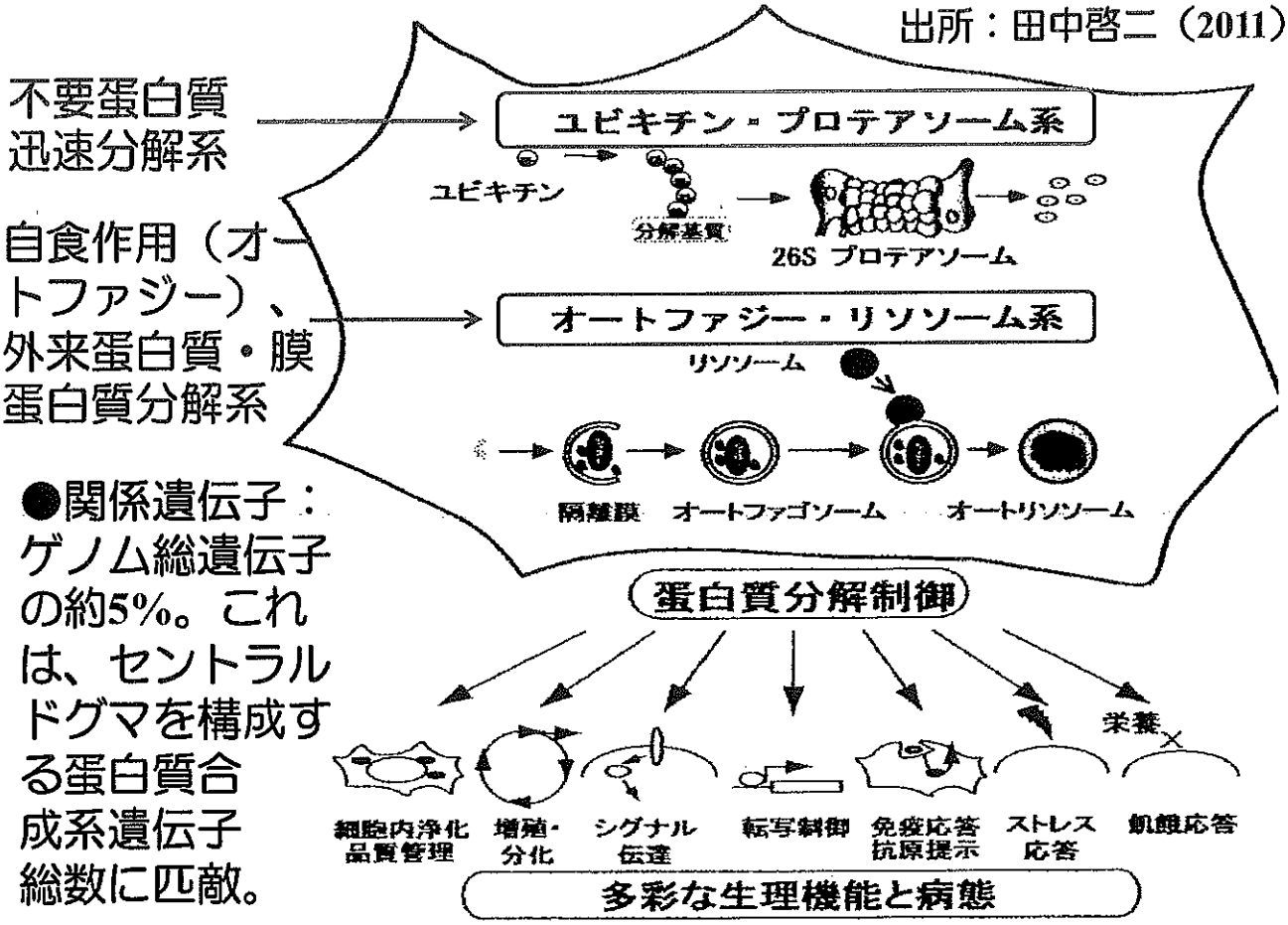
・生体に毒にもなる酸素をうまく利用してエネルギー（ATP）を合成する（酸化的リン酸化）。

・しかし、その過程で、活性酸素（化学反応を起しやすい有害物）を副産物として生産する。

・活性酸素は、蛋白質や遺伝子（DNA）を傷つける。

・異常ミトコンドリアは、活性酸素を過剰生産し、諸病の根源。

出所：田中啓二（2011）



図。細胞内の2蛋白質分解システムと役割

2.3. 人工核種Cs-137—— チェルノブイリ被害の全貌

- 体内Cs-137が50Bq/kg超で心血管系、神経系、内分泌系、生殖系など各種臓器障害症候群が多発。

  子どもでは、危険限界 15～20Bq/kgで体外排出を積極的に進めること。

文献）A.ヤブロコフら編著『調査報告 チェルノブイリ被害の全貌』（岩波書店、2013）

- 汚染食品から日々約2Bqの摂取でも、8割の子どもが複数の病気に罹患。

文献）第4回ウクライナ調査報告〈上〉〈中〉〈下〉『食品と暮らしの安全』No.289, 290,291 (2013).
白石 草『岩波ブックレット ルポ チェルノブイリ28年目の子どもたち』（岩波書店 2014）